

# 林地开垦后坡面土壤元素的时空变化特征\*

张成娥\* 郑粉莉 (中国科学院水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 杨凌 712100)

**【摘要】** 土壤中常量元素 Ca、Mg 和微量元素 Cu、Zn、Mn、Fe 是植物生长必需的重要元素, 也是评价土壤质量的重要指标。林地被开垦破坏后, 坡面土壤元素的空间分布受人为犁耕活动、侵蚀、沉积、搬运过程和元素性质的影响。林地开垦初期(1~2年), 坡面不同部位土壤 Cu、Zn、Mn、Fe、K、Ca 和 Mg 皆增加; 而开垦两年后, 受土壤侵蚀的影响, 这些元素又趋于下降; 开垦6年后, Cu、Fe、K 和 Mg 比开垦前下降了 1.5%~4.56%。SiO<sub>2</sub> 含量在坡面上部随开垦年限的增加而增加, 在坡面中部则随开垦年限而减少。Al 的变化则与 SiO<sub>2</sub> 相反。

**关键词** 开垦年限 土壤元素 时空变化 子午岭林区

文章编号 1001-9332(2002)06-0672-03 中图分类号 S153.6, S714.8 文献标识码 A

**Temporal and spatial change characteristics of soil elements in reclaimed slope forestland.** ZHANG Cheng'e, ZHENG Fenli (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100). -Chin. J. Appl. Ecol., 2002, 13(6): 672~ 674.

Calcium, Magnesium, Copper, Zinc, Manganese and Iron are necessary elements for plant growth and important indicators for soil quality evaluation. After forestland being reclaimed, spatial distributions of soil elements would be affected by plowing, erosion, deposition, transportation, and soil element properties. In the initial stage of forestland being reclaimed (the first and second year), Cu, Zn, Mn, Fe, K, Ca, and Mg in different slope locations would be increased. After two years, these elements would be decreased because of soil erosion. After six years, Cu, Fe, K, and Mg would be decreased by 1.5~4.56%. SiO<sub>2</sub> content on the upper slope would be increased as reclaimed year increased, but on the middle slope, SiO<sub>2</sub> content would be decreased and Al element would be increased.

**Key words** Reclaimed years, Soil elements, Temporal and spatial change, Ziwuling forest area.

## 1 引言

土壤侵蚀导致的土壤养分退化和生产力降低, 已成为制约黄土高原土壤资源持续利用和农业生产发展的主要因素。子午岭林区是黄土高原仅存的次生林区。区内林地被人为开垦耕种后, 导致土壤侵蚀加剧, 土壤有机质和 N、P、K 等养分严重流失, 生物活性降低<sup>[1,3~6]</sup>。土壤中除了 N、P、K 大量元素以外, 常量元素 Ca、Mg、Al、Si 和微量元素 Cu、Zn、Mn、Fe 也是植物生长必需的重要部分<sup>[2]</sup>, 同时也是评价土壤质量的重要指标。因此, 研究子午岭林区林地被人为开垦破坏后, 坡面土壤大量元素和微量元素的时空变化特征, 对揭示土壤侵蚀与土壤养分流失过程及其机理、土壤侵蚀与生态环境演变具有理论意义, 并为黄土高原生态环境建设提供科学依据。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区概况

研究区位于子午岭林区的陕西省富县任家台林场内(109°11'E, 36°05'N)。全梁坡自然坡面径流场以浅沟集水区为单元进行布设, 地面处理为林地开垦后裸露休闲地, 径流

场平均宽 13.6m, 平均坡长 86.3m, 面积约 1000m<sup>2</sup>, 坡度 5~34°。土壤为森林植被(辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、小叶杨(*Populus simonii*)和白桦(*Betula platyphylla*)为建群种)下发育的褐色森林土<sup>[7]</sup>。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 样品的采集** 根据地形部位和坡面侵蚀方式(片蚀、细沟侵蚀和浅沟侵蚀)的变化, 布设土样采集点, 每年 10 月在梁坡上部片蚀区、中部浅沟沟槽和浅沟沟坡及下部浅沟沟槽和浅沟沟坡, 采用多点取样法, 分别取 0~20cm 深的土样。样品按试验要求风干, 过筛, 阴凉干燥处贮藏。

**2.2.2 分析方法** 土壤中 Cu、Zn、Fe、Ca 和 K 用 ZL 5100 型原子吸收分光光度计法测定; SiO<sub>2</sub> 用重量法; Mn、Mg 和 Al 用 ICP-等离子发射光谱测定。

## 3 结果与分析

### 3.1 林地开垦后土壤加速侵蚀对土壤元素流失的影响

子午岭次生林区林地被人为开垦破坏后, 坡面

\* 国家自然科学基金项目(49871050)和中国科学院知识创新工程(KZCX1-06)资助项目。

\*\* 通讯联系人。

2000-04-23 收稿, 2000-10-20 接受。

土壤侵蚀强度逐年加大(表 1)<sup>[5]</sup>, 导致土壤养分流失. 由表 2 可见, 林地开垦 6 年后坡面不同部位各元素比开垦前增加的百分率不同, 坡面上部溅蚀、片蚀区, Cu、Fe、Mg 和 Al 较开垦前有所降低, 而 Zn、Mn、SiO<sub>2</sub> 较开垦前有少量增加. 坡面浅沟侵蚀区除 Fe、Mg、SiO<sub>2</sub> 较开垦前有所减少外, Cu、Zn、Mn、Ca、Al 较开垦前有明显增加. 坡面浅沟沟坡的片蚀和细沟侵蚀区除 Al 较开垦前有少量的减少外, 其它元素皆较开垦前有明显的增加. 林地开垦后土壤元素的空间分布与人为犁耕活动和侵蚀、沉积、搬运有关.

表 1 开垦不同年限梁坡裸露地的土壤侵蚀强度  
Table 1 Soil loss rate in different reclaimed years

开垦年限 Reclaimed years (yr.)	年降水量 Precipitation (mm)	年降雨次数 Times of storm (time)	土壤侵蚀强度 Soil loss intensity( $t \cdot km^{-2} \cdot yr^{-1}$ )	
			裸露休闲地 Reclaimed and fallow land	林地 Forest land
1	491.4	10	8406	1.5
2	503.7	10	9145	1.5
3	599.1	9	10386	0.9
4	603.4	11	15962	0
5	395.1	10	17734	0
6	633.5	10	19325	0

表 2 开垦 6 年后坡面不同侵蚀部位土壤元素含量(比开垦前增加%)

Table 2 Different soil element content in different erosion locations after six years of forest land being changed into farmland(%)

元 素 Elements	溅蚀、片蚀 Splash and sheet erosion	浅沟侵蚀 Shallow gully erosion	片蚀、细沟侵蚀 Sheet and rill erosion
Cu	- 4.56	6.62	6.05
Zn	1.63	13.67	13.67
Mn	1.34	7.67	6.28
Fe	- 3.06	- 1.00	0.00
Ca	0.40	12.54	7.95
Mg	- 1.60	0.00	0.00
Al	- 1.02	- 0.51	0.68
SiO <sub>2</sub>	4.35	- 0.50	- 0.71

年复一年的犁耕活动, 造成表层土壤向坡下部运移和浅沟沟坡表层土壤向浅沟沟槽运移. 另一方面, 坡面不同部位的侵蚀、沉积、搬运过程也不尽相同, 坡上部为溅蚀、片蚀区, 侵蚀泥沙搬运以悬移质方式为主, 结果造成土壤中细颗粒大量迁移, 致使土壤中部分常量和微量元素含量减少. 坡面浅沟沟坡部位为片蚀和细沟侵蚀区, 侵蚀泥沙搬运为悬移质和推移质方式皆有之, 加上受坡上部元素向坡下迁移的影响, 土壤中常量和微量元素的变化较小. 坡面沟槽部位为浅沟侵蚀区, 侵蚀泥沙搬运以推移质方式为主, 结果造成土壤大小颗粒的相对均匀流失, 加上受犁耕活动中浅沟沟坡表层土壤的补偿和坡上部元素迁移的影响, 土壤常量和微量元素的含量变化处于片蚀区和浅沟侵蚀区之间.

### 3.2 林地开垦后坡面土壤元素的时空变化

3.2.1 坡面不同部位土壤微量元素的时空变化 由图 1 可见, 随着开垦年限的增加, Cu 和 Mn 有较明显的变化. 林地开垦 1~2 年后, Cu 和 Mn 在坡面的中部和下部均明显增加, 坡面中部的 Cu 和 Mn 分别较开垦前增加 13.58~13.62% 和 8.62~8.71%, 坡面下部分别增加 10.33% 和 6.31%. 坡面上部则变化不大. 而林地开垦两年后, 坡面不同部位 Cu 和 Mn 的含量又趋于下降. 随着林地开垦年限的增加, Zn 和 Fe 较开垦前有所增加, 特别是 Fe 在林地开垦的第二年有一个明显的峰值. 但 Zn 和 Fe 的空间差异不明显.

土壤中几种微量元素在林地开垦初期有所增加的原因是多方面的, 如林地开垦后土壤裸露, 土壤的温度、湿度和地面受侵蚀和沙尘沉降等状况都发生了变化, 从而影响元素的矿化、迁移和沉积<sup>[2]</sup>. 究竟哪种因素起主导作用有待进一步研究. 但从总的趋势上看, 林地开垦 2~6 年, 坡面不同部位的土壤元素含量皆在下降, 反映了土壤侵蚀对养分流失的影响, 特别是受侵蚀、搬运方式和人为犁耕活动的影响, 坡面上部土壤元素减少幅度较大, 而坡面中部和下部土壤元素减少幅度较小. 另一方面, 由于各元素的性质不同, 受侵蚀、搬运方式的影响程度也不尽相同, 使不同元素在坡面上的分布存在着差异.

3.2.2 土壤常量元素的动态变化 由图 1 可见, K、Ca、Mg 随着开垦年限的变化与微量元素相同, 即在开垦后的 1~2 年, 土壤中 Ca、Mg 的含量呈上升趋势, 而以后又趋于下降. 而 K 的变化则不同, 林地开垦两年后, 坡面中部和上部 K 的含量有所下降, 以后又有所增加, 而在林地开垦 4 年后, 其含量又降低至开垦前的水平. 从空间分布上看, 常量元素的差异不明显. 造成这 3 种元素动态变化的原因主要为土壤生态环境变化和土壤流失导致元素迁移.

### 3.3 坡面不同部位土壤中 Si 和 Al 的时空变化

Si 和 Al 是粘土矿物的主要元素, 占粘土矿物组成的 42%~88% 以上, 与岩石的风化和成土过程的强弱有关, 且都影响着土壤的属性和肥力特征. 图 1 表明, 坡面上部 SiO<sub>2</sub> 的含量随开垦年限的增加而增加, 而坡面中部则随开垦年限的增加而减少, 坡面下部的 SiO<sub>2</sub> 含量在开垦两年内有所下降, 以后又随开垦年限的增加有所上升. 从坡面的分布看, 则是上部 > 下部 > 中部, 说明坡上部受雨滴击溅和侵蚀泥沙悬移质搬运的影响, 坡面上部土壤细颗粒向下迁移. 这是因为 SiO<sub>2</sub> 的含量越多, 土粒越粗, 反之亦然. 而

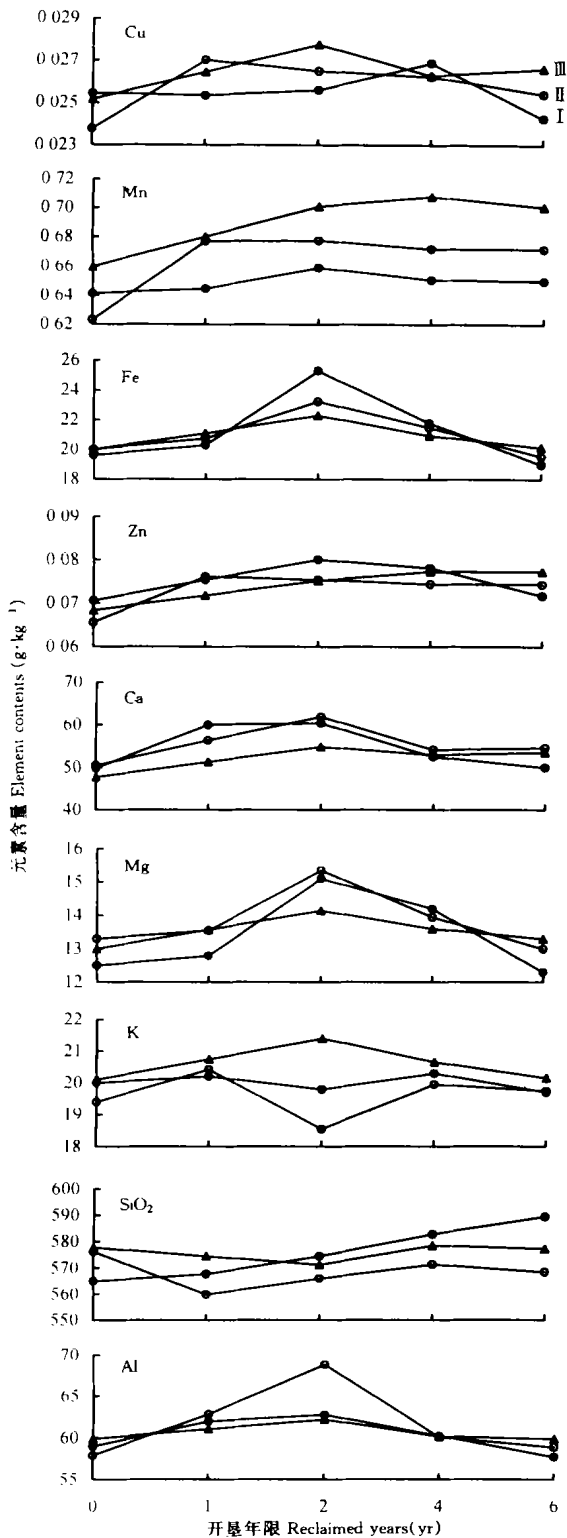


图1 不同元素随开垦年限的变化

Fig. 1 Changes with reclaimed years at different soil elements.

I. 上部 Top location, II. 中部 Middle location, III. 下部 Lower location.

坡面中部土壤 SiO<sub>2</sub> 含量低的原因则与上部细颗粒向坡下部迁移有关. 元素 Al 的变化与 SiO<sub>2</sub> 相反, 坡面上部 Al 的含量小于中部, 并且坡面中部在开垦第二年有一个显著峰值, 而坡面下部开垦前后差异不

明显. SiO<sub>2</sub> 随开垦年限的增加其变化较平缓.

## 4 结 论

4.1 子午岭林区林地开垦初期, 由于土壤水热状况的改变, 使土壤物质的矿化作用加强, 元素释放加快. 林地开垦 1~2 年期间内, 坡面不同部位土壤元素 Cu、Zn、Mn、Fe、K、Ca、Mg、Al 皆呈增加的趋势; 而开垦两年后, 受土壤侵蚀的影响, 土壤元素含量又趋于下降, 其中 Cu、Mn、Fe、K、Al 随开垦年限增加而明显减少. SiO<sub>2</sub> 的变化则相反.

4.2 林地开垦后, 坡面土壤元素的空间分布受人为犁耕活动和侵蚀-沉积-搬运和元素性质的影响. 坡面上部的溅蚀和片蚀区, 由于土壤中细颗粒的流失, 土壤常量和微量元素含量的减少相对较大. 坡面浅沟沟坡部位的片蚀和细沟侵蚀区土壤元素的变化较小. 坡面浅沟侵蚀区土壤元素的含量变化处于片蚀区和浅沟侵蚀区之间.

4.3 在坡面纵向方向上, 土壤流失导致元素的迁移, 坡上部土壤元素减少的速度大于中部和下部, 开垦 6 年后, 坡面上部土壤中的 Cu、Fe、K、Mg、Al 含量已比开垦前下降 1.50%~4.56%.

## 参考文献

- Bai H Y (白红英), Tang K L (唐克丽), Chen W L (陈文亮), et al. 1991. Studies on the process of soil erosion and nutrient loss in the sloping lands. *Bull Soil Water Conserv* (水土保持通报), 11(3): 14~19 (in Chinese)
- Tian J L (田均良), Peng X L (彭祥林). 1994. The earth chemistry of soil in Loess Plateau. Beijing: Science Press. 110~116 (in Chinese)
- Zhang G E (张成娥), Chen X L (陈小利), Zheng F L (郑粉莉). 1998. Study on relationship between soil microbial biomass and fertility in different environments of Zi wuling forest area. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 18(2): 218~222 (in Chinese)
- Zhang G E (张成娥), Chen X L (陈小利). 1998. Influence of reclamation of forest land on nutrients and enzymatic activities in soil. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 17(6): 18~21 (in Chinese)
- Zhang G E (张成娥), Chen X L (陈小利). 1996. A study on relation between soil microbial population distribution and soil fertility before and after vegetation destruction. *J Soil Erosion Soil Water Conserv* (土壤侵蚀与水土保持学报), 2(4): 77~83 (in Chinese)
- Zheng F L (郑粉莉). 1998. Relationship of soil erosion, water transformation and soil degradation processes on vertical erosion zones. *J Soil Erosion Soil Water Conserv* (土壤侵蚀与水土保持学报), 4(4): 92~95 (in Chinese)
- Zheng F L (郑粉莉), Tang K L (唐克丽), Wang W L (王文龙). 1993. Study on soil erosion properties in the forest lands and reclaimed lands. *Memoir NISWC, Acad Sin Min Water Resources* (西北水土保持研究所集刊), 17: 29~36 (in Chinese)

作者简介 张成娥, 女, 1957 年生, 研究员, 主要从事土壤肥力及土壤微生物学研究, 发表论文 30 余篇. E-mail: zhangce@nwsuaf.edu.cn